

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	11
1.1	Einige Bemerkungen zu diesem Buch	11
1.2	Informationsquellen	14
1.3	Was stellen wir mit Petri-Netzen dar?	15
1.4	Was sind und was sollen Modelle?	19
1.4.1	Was versteht man unter einem Modell?	19
1.4.2	Was nützen formale Modelle?	21
1.5	Übersicht über die Kapitel	25
2	Mathematische Grundlagen	29
2.1	Logik	29
2.1.1	Die Sprache der Aussagenlogik	29
2.1.2	Der Aussagenkalkül	30
2.1.3	Die Semantik der Aussagenlogik	31
2.1.4	Klauseln, Normalformen, Resolution	31
2.1.5	Die Sprache der Prädikatenlogik erster Stufe mit Identität	32
2.1.6	Der Prädikatenkalkül erster Stufe	33
2.1.7	Die Semantik der Prädikatenlogik erster Stufe	34
2.1.8	Resolution erster Stufe	35
2.2	Mengen, Relationen, Abbildungen	36
2.3	Graphen	42
2.4	Lineare Algebra	44
3	Netzgraphen	49
3.1	Netze und Teilnetze	50
3.2	Strukturvergleiche	54
3.3	Netztransformationen	58
3.3.1	Vergrößerung	59
3.3.2	Verfeinerung	62

3.3.3	Einbettung und Restriktion	63
3.3.4	Faltung und Entfaltung	66
3.4	Netzmorphismen	69
3.5	Spezielle Netzklassen	71
4	Systeme mit anonymen Marken	77
4.1	S/T-Systeme	77
4.2	Die Dynamik der S/T-Systeme	80
4.2.1	Markierungen und Schaltungen	80
4.2.2	Schaltfolgen und Erreichbarkeit	83
4.2.3	Netzdynamik und Lineare Algebra	89
4.2.4	Grundsituationen	92
4.2.5	Netzprozesse	108
4.3	Bedingungs-Ereignis-Systeme	111
5	Praktischer Entwurf: Die Bedienung eines Verkaufsautomaten als Fallbeispiel	117
5.1	Methodische Entwurfsschritte	117
5.2	Das Grundverhalten	119
5.3	Das Ausnahmeverhalten	121
5.4	Eine überarbeitete Version	123
5.5	Nebenläufigkeit, Umgruppierung	126
6	Die Analyse von Systemen	129
6.1	Dynamische Eigenschaften von S/T-Systemen	130
6.1.1	Sicherheit	131
6.1.2	Lebendigkeit	137
6.1.3	Synchronie	143
6.1.4	Netzsprachen	150
6.1.5	Weitere Dynamische Eigenschaften	156
6.1.6	Dynamisch definierte Netzeigenschaften	162
6.2	Erreichbarkeitsanalyse	163
6.3	Partielle Erreichbarkeitsanalyse	170
6.4	Lineare Analyse	176
6.4.1	Algebraische Charakterisierung dynamisch definierter Netzeigenschaften	176
6.4.2	Lineare Invarianten	177
6.5	Zusammenhänge zwischen Struktur und Dynamik	183

6.5.1	1-Sicherheit, Konfusion und Nebenläufigkeit	184
6.5.2	Sicherheit und Lebendigkeit (und mehr) auf besonderen Netzgraphen	186
6.6	Weitere Analysetechniken	188
6.6.1	Invariantentypen	188
6.6.2	Netztransformationen	191
7	Systeme mit individuellen Marken	193
7.1	Grundlagen	195
7.2	Anwenderfreundliche Schreibweisen	199
7.2.1	Gleiche Variablennamen und Konsistenzregel	200
7.2.2	Ausdrücke an Kanten	203
7.2.3	Tupel	205
7.3	Die formale Seite der IM-Systeme	211
7.3.1	Die Definition der IM-Systeme	211
7.3.2	Die formale Markendynamik in IM-Systemen	215
7.4	Eigenschaften und Analyse	217
7.4.1	Lineare Analyse in höheren Netzen	217
7.4.2	Die Entfaltung zu S/T-Systemen	221
8	Praktischer Entwurf: Der wechselseitige Ausschluß als Fallbeispiel	223
8.1	Der wechselseitige Ausschluß	224
8.2	Mutex 1: My turn/ your turn	230
8.3	Mutex 2: Warnung lesen, Warnung setzen	232
8.4	Mutex 3: Warnung setzen, Warnung lesen	233
8.5	Mutex 4: . . . und evtl. vorübergehend verzichten	233
8.6	Mutex 5 (Dekker): . . . mit alternierender Priorität	237
9	Nonstandard-Netze	241
9.1	Netze mit Verbotskanten	242
9.1.1	Netze mit Prioritäten	247
9.2	Netze mit Abräumkanten	250
9.3	Netze mit markierungsgesteuerten Kantengewichten	252
9.4	Netze mit Zeitbegriffen	256
9.4.1	Zeitmodellierung mit Timer-Netzen	258
9.4.2	Die Modellierung von Uhren in Standard-Netzen	264

10 Das Verhalten von Systemen	267
10.1 Beobachtung und externes Verhalten	268
10.1.1 Wann endet eine Beobachtung?	269
10.1.2 Die Verknüpfung von Objekt und Beobachter	274
10.2 Internes Verhalten	279
10.3 Implementierung, Äquivalenz	281
10.3.1 Interne und externe Äquivalenz	285
10.4 Atomizität	289
10.4.1 Atomizität und System-Verknüpfung	294
11 Protokolle und Petri-Netze	297
11.1 Einige Aspekte der Kommunikation	297
11.2 Dienste und Protokolle	299
11.3 Beispiel: eine Mini-Protokollhierarchie	303
11.3.1 Randbedingungen und Aufgabenstellung	303
11.3.2 Vom 1-Dienst zum 2-Dienst	303
11.3.3 Vom 2-Dienst zum 3-Dienst	309
11.4 Protokolltechnik mit Netzen	312
12 Logik in der Netzdarstellung	317
12.1 Deduktion durch Netztransformation	317
12.1.1 Die Syntax der Aussagenlogik in der Netzdarstellung	317
12.1.2 Die Semantik der Aussagenlogik in der Netzdarstellung	321
12.1.3 Prädikatenlogik erster Stufe	326
12.2 Horn-Klausel-Logik und T-Invarianten	327
12.2.1 Aussagen-Horn-Logik	327
12.2.2 Horn-Logik erster Stufe	330
A Lösungen ausgewählter Übungsaufgaben	333
Literaturverzeichnis	351
Register	363